

Translation of Relevant Part of Published Unexamined Japanese
Patent Application (KOKAI) Sho 48-39045

Page (4), lower right column, line 6 to Page (5), upper right
column, line 7:

The present invention will be described below in accordance with an embodiment. FIG. 2 shows the embodiment of the present invention. In FIG. 2, components 1 to 11 are identical to those of the conventional optical system shown in FIG. 1. That is, components 3 to 6 constitute an optical system for providing row-directional information; and components 7 to 9 constitute an optical system for providing column-directional information, the former and the latter each being constituted by polarizing plate(s), a spatial modulator having a quarter-wavelength plate for providing the row-directional (column-directional) information, and a quarter-wavelength plate. Each of the spatial modulators 4 and 7 may be any modulator as long as it is capable of electrically inverting the direction of crystal axis, and is made of, for example, gadolinium molybdate, DKDP, or PLZT. Numeral 11 denotes a hologram medium. Numeral 18 in reference light 13 denotes a phase modulator. The phase modulator 18 is made of gadolinium molybdate to provide two-stage phase modulation, or DKDP or PLZT to provide a multistage phase in accordance with an applied voltage.

Any one of the above phase modulators modulates the phase of the light passing through a crystal by electrically changing the crystalline state. However, it is also possible to achieve the object by changing optical path lengths of a beam crossing

a transparent object inserted into a reference-light beam. Furthermore, it is also possible to achieve the object by inserting a transparent object into a reference-light beam and changing refractive indexes of the transparent object. Now, a method for fabricating a holography memory of the present invention will be described with reference to FIG. 2. A voltage is applied to the first row of the spatial modulator 4 that provides row-directional information, so that only the first row of light passing through the polarizing plate 6 is made to be a bright portion. Simultaneously with the application of voltage to the spatial modulator 4, a voltage is applied to the spatial modulator 7 that provides column-directional information, in accordance with the information at the first row, so that bright and dark portions corresponding to the information of the first row is formed in the light passing through the polarizing plate 9. The information light at the first row thus produced passes through the lens 10 and is condensed in the hologram medium 11. On the other hand, the reference light 13 undergoes a phase modulation of $\phi 1$ by the phase modulator 18, and enters the hologram medium 11 to cause interference with the information light at the first row. Then, the resulting interference fringes are recorded by opening an optical shutter disposed in front of a beam splitter, for example. Next, optical information at the second row is obtained in the above-described manner and the reference light undergoes a phase modulation of $\phi 2$ by the phase modulator, so as to perform a second-time exposure by opening the shutter. Subsequently, exposure is repeated up to the final row.



①⑨ 日本国特許庁

公開特許公報

特 許 願 (C) (特許法第38条ただし各の規定による)
特許出願
昭和46年9月19日

特許庁長官 殿

発 明 の 名 称 ホログラフイメモリ作成方法および装置
特許請求の範囲に記載された発明の致 4
発 明 者

正 所 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

氏 名 押 田 良 忠

特 許 出 願 人

正 所 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
名 氏 株式会社日立製作所
氏 名 駒 井 健 郎

代 理 人

正 所 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
氏 名 株式会社日立製作所内
電話東京 270-2111 大代表
氏 名 (7237) 弁護士 薄 田 利 幸



明 細 書

発明の名称 ホログラフイメモリ作成方法および装置

特許請求の範囲

1. 所定のホログラム媒質上に所定の角度で照射する参照光と所望像の物体光とでホログラムを作成するに際して、参照光中(又は物体光中)に位相ずれを生ぜしめる位相変調器を設し、該位相変調器により位相ずれを生ぜしめた参照光(又は物体光)と物体光(又は参照光)とより形成される干渉縞が種々の位相ずれに対し重ねて記録されるごとくホログラムを作成するホログラム作成方法。
2. 請求範囲第1項記載のホログラム作成方法において上記位相変調器による少なくとも2段階以上の位相ずれを各段階に偏りなく均等に与えることを特徴とするホログラム作成方法。
3. 請求範囲第1項記載のホログラム作成方法において上記位相変調器の1つの位相ずれに対し所望像の一部を物体光となし、該数個の位相ずれに対し所望像の全部を形成するごとく複数個の物体

⑪特開昭 48-39045

⑬公開日 昭48.(1973) 6.8

⑮特願昭 46-72786

⑯出願日 昭46.(1971) 9.19

審査請求 未請求 (全14頁)

庁内整理番号

⑤2日本分類

6952 23
6711 56

104 G0
977DC19

光を形成することを特徴とするホログラム作成方法。

4. 可干渉性光源と、該可干渉性光源から放出された光路中に配設した光ビームスプリッターと、該ビームスプリッターで分割されたいずれか一方の光路中に配設した位相変調器と、該ビームスプリッターで分割された光ビームのうち物体光光路中に配設した光ビーム拡大光学系と、該光ビーム拡大光学系後方に配設された振動変調型空間変調器と、該光ビーム拡大光学系の後方、該振動変調型空間変調器の前方又は後方に配設された集光系と該集光系の後方に配設したホログラム形成媒質と、上記ビームスプリッターで分割された他方の参照光ビームを所定の角度で上記ホログラム媒質に指向せしめる光学手段とから成ることを特徴とするホログラフイメモリ作成装置。

発明の詳細な説明

本発明はホログラフイメモリにおいて、所望の信号以外の雑音を低減させる方法および装置に係るものである。特に多重光を行つてホログラ

ムに雑音を除去する際の所望情報以外の雑音が多量に光により増大されることを回避し再生像の雑音を低減させる方法および装置に関するものである。

従来の電気的に結晶軸方向を反転することの可能な誘電体を用いた多重偏光方式のホログラム装置を第1図に示す。第4図において1、2はレンズであり、入射光ビームを拡大する。3は偏光板で入射光を垂直偏光にする。4は行方向に延長した透明電極をほどこした部分と絶縁部分が交互に並んでいる表面と全面に透明電極をほどこした表面とから成る電気的に任意の行の結晶方向を反転することの可能な $\frac{1}{4}$ 波長板である。5は $\frac{1}{4}$ 波長板、6は偏光板である。3と6の偏光板の偏光方向をそろえ、4と5の $\frac{1}{4}$ 波長板の結晶軸方向を同じにし、3と6の偏光方向と 45° の傾きをつければ、4の両面に加える電圧の正負に応じて、4を透過した光は右回り又は左回りの円偏光になる。この偏光は5の $\frac{1}{4}$ 波長板を透過することにより垂直方向又は水平方向6を透過した光の偏光となり行方

向のスリット状に明暗の部分が形成される。

7は4と同じ傾きをもち4とは 90° の角で配置されている。8は $\frac{1}{4}$ 波長板であり、9は偏光板である。9は3および6と同じ偏光方向に配置され、7、8、9を透過した光は7の電極に与える電圧の正負に応じて行方向のスリット状の明暗部が形成され、3から6によつて形成された行方向の情報と組合せれば、2次元的なビット情報を透過光の明暗によつて形成することができる。ホログラムに二次元的な情報を記録するには行方向の第1行を明部にし、他の行は暗部になるように4に電圧を加え、1行目の情報に応じて7に電圧を加え9の偏光板を透過した光に1行目の光情報を形成させる。この光情報をレンズ10により12のごとく集束させ、ホログラム記録媒質上に照射させる。

他方所望の角で入射させた参照光を上記物体光12とホログラム記録媒質上で干渉させそれを再生させる。次に第2行目のみを明部にし第2行目の情報をホログラムに記録する。このように順

次多重に露光し最後の行、N行目まで露光を行ない情報記録を終了する。第1図の偏光板6を透過した光で明暗の光の振幅透過率を A_s および A_n とする。光学系が完全な場合には A_n は原理的に0にすることが可能である。しかし現実には A_n は A_s の $\frac{1}{100}$ 程度が限界である。従つてお目している行以外の行の情報を記録している際にもお目している行から光が漏れそれがホログラムに記録されてしまう。この漏れによる影響は多重度を増すほど著しく現われ再生像の信号対雑音比がきわめて小さくなり露光の多重度を上げることは不可能となる。

本発明の目的は上述の欠点を解消し多重露光を行つても再生像の雑音の小さなホログラムを作製するための方法および装置を提供することにある。

上記の目的を達成するために参照光中に光の位相を変換する装置を挿入し、多重露光の各露光時に相対的に位相の差を与える。このようにして周期的に暗部の雑音の光に対する位相をずらせて、再生光の雑音を大幅に低減させることが可能であ

る。以下雑音を低減させる位相変換方法について述べ、実際に雑音の低減が可能であることを示す。空間変換器上に (x, y) 直交座標、ホログラム乾板上に (ξ, η) 直交座標をとる。第1図の3~9の空間変換器をj回目の露光の際に透過した光の振幅を $T_j(x, y)$ とすると、

$$T_j(x, y) = \sum_m \sum_n T_o(x - ma, y - na) S_{mj} S_{nj} \dots \dots \dots (1)$$

ここで

$$T_o(x, y) = \begin{cases} 1 & x^2 + y^2 \leq r^2 \\ 0 & x^2 + y^2 > r^2 \end{cases}$$

となる。aはビットの間隔、rは円形ビットの半径であり S_{mj} は列方向の信号、 S_{nj} は行方向の信号である。j回目の露光の際にj列目が明部になるような駆動を行なうと明部および暗部の振幅透過率をそれぞれ A_s 、 A_n とすれば

$$S_{nj} = \delta_j \cdot n A_s + (1 - \delta_j, n) A_n \dots \dots \dots (2)$$

$$S_m j = S_g(m, j) A_s + (1 - S_g(m, j)) A_n \quad \dots\dots\dots(3)$$

$S_g(m, n)$ はホログラムに記録しようとする入光強度を表わす。ここで

$$S_g(m, n) = \begin{cases} 1 & j=n \\ 0 & j \neq n \end{cases} \quad \dots\dots\dots(4)$$

j 回目の光の露の空間変調器を透過した光のホログラム上での複素振幅を $g_j(\xi, \eta)$ とする。空間変調器がレンズの直前にある場合には、レンズの焦点距離を f 、波長を λ とすると $g_j(\xi, \eta)$ は、

$$g_j(\xi, \eta) = C_0 \int T_j(x, y) \exp \frac{i 2 \pi (x \xi + y \eta)}{f \lambda} dx dy \quad \dots\dots\dots(5)$$

となる。 C_0 は定数である。他方参照光中に挿入された位相変調器により位相変調された参照光の j 回目の光の露のホログラム面上での振幅は、

$$I_0 = \sum_j^N (|g_j(\xi, \eta)|^2 + |R_j(\xi, \eta)|^2) \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$I_1 = \sum_j^N g_j(\xi, \eta) R_j^*(\xi, \eta) \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$I_{-1} = \sum_j^N g_j^*(\xi, \eta) R_j(\xi, \eta) \quad \dots\dots\dots(12)$$

ホログラムの再生像に影響する項は I_1 であり、ホログラム乾板の感光特性が線型である場合には再生像の強度分布 $0(x', y')$ は次式で与えられる。

$$0(x', y') = A \int \sum_j^N I_1 \exp \left(\frac{i 2 \pi \xi \sin \theta}{\lambda} \right) \exp \frac{-i 2 \pi (x' \xi + y' \eta)}{f \lambda} d\xi d\eta \quad \dots\dots\dots(13)$$

ここで A は定数である。従つて式 (5), (6), (11) より

$$0(x', y') = C' \int \sum_j^N T_j(x', y') \exp (-i \phi_j) \quad \dots\dots\dots(14)$$

特開 昭 48-39045 (3)

$$R_j(\xi, \eta) = C_r \exp \left(\frac{i 2 \pi \xi \sin \theta}{\lambda} + i \phi_j \right) \quad \dots\dots\dots(6)$$

となる。ここで C_r は定数であり θ は入射角、 ϕ_j は位相変調器である。両光のホログラム乾板上での干渉の結果、 j 回目の光の露のホログラム上での強度分布 $I_j(\xi, \eta)$ は次式で与えられる。

$$I_j(\xi, \eta) = |g_j(\xi, \eta) + R_j(\xi, \eta)|^2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

N 回の多重露光によりホログラム乾板上に記録されるものは黒化度の変化の分布であら。位相を変調するような屈折率や表面の凹凸の変化の分布でまれ I_j の和 I の関数である。

$$I = \sum_j^N I_j(\xi, \eta) \quad \dots\dots\dots(8)$$

I を再生像の 0 次および ± 1 次の回折光に寄与する項に分離すると、

$$I = I_0 + I_1 + \frac{I_{-1}}{I_1} \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここで C' は定数である。式 (11), (12), (3), より

$$0(x', y') = C' \int \sum_n \sum_m T_0(x' - na, y' - na) \{ S_g(m, n) A_s^2 + [1 - 2 S_g(m, n) + \sum_j^N S_g(m, j)] A_s A_n \} \exp (-i \phi_j) \quad \dots\dots\dots(13)$$

ただし、 $A_n \ll A_s$ とし A_n^2 の項は A_s^2 に比べ小さいとし無視している。式 (13) より (m, n) ビットの再生光の強度 $I_R(m, n)$ は次式で与えられる。

$$I_R(m, n) = C' \{ S_g(m, n) \exp (-i \phi_n) A_s^2 + [(1 - 2 S_g(m, n)) \times \exp (-i \phi_n) + \sum_j^N S_g(m, j) \exp (-i \phi_j)] A_s A_n \}^2 \quad \dots\dots\dots(14)$$

上式で $S_g(m, n)$ が 1 の時と 0 の時の $I_R(m, n)$

の大きさの比 SN (信号対雑音比) の値は

$$SN = \frac{\left| \frac{As}{An} \exp(-i\phi_n) + N_0 \right|^2}{|N_0|^2} \dots\dots\dots (15)$$

となる。ここで N_0 は次式で与えられる複素数である。

$$N_0 = (1 - 2Sg(m, n)) \exp(-i\phi_n) + \sum_j \frac{N}{2} Sg(m, j) \exp(-i\phi_j) \dots\dots\dots (16)$$

従来の多重露光方式では $\phi_j = 0$ であるから (15) 式は $Sg(m, j)$ の約半分が 1 である場合には

$$SN \approx \frac{\left(\frac{As}{An} + \frac{N}{2} \right)^2}{\left(\frac{N}{2} \right)^2}$$

となる従つて As/An が 10, 32, 100 の時の SN を 100 以上保つために要求される多重度の限度 N の関係は表 1 のようになる。表 1 で例えば As/An が 32 の場合には 7 画以上露光することができなくなる。本発明は ϕ_j に 0 から 2π の

くするという目的を達成する。また位相変調器を参照光ビーム中に挿入せずビームスプリッタで分離した二つのビームのうち物体光とするビーム中に挿入しても本発明の目的を達成する。この場合には (5) 式で表わされるホログラム上の物体光の振幅 $g_j(x, y)$ は次式に変わる。

$$g_j(x, y) = C_0 \exp(i\phi_j) \int T_j(x, y) \exp \frac{i2\pi(x\xi + y\eta)}{\lambda} dx dy \dots\dots\dots (5')$$

ここで ϕ_j は物体光ビーム側に挿入された位相変調器の位相変調量である。参照光は位相変調されないで、

$$R(x, y) = C_r \exp \left\{ \frac{i2\pi x \sin \theta}{\lambda} \right\} \dots\dots\dots (6')$$

となる。従つて (m, n) ピントの再生光の強度は次式で与えられる。

$$IR(m, n) = C' \left\{ Sg(m, n) \exp(i\phi_n) As^2 + \left[(1 - 2Sg(m, n)) \right. \right.$$

特開昭48-39045 (4)

向の少くとも 2 段階以上の値を、各段階に偏在なく均等に与えることにより N_0 を複素数値にし

(15) 式の分母の $|N_0|^2$ を小さくし SN を大きくする手段を提供する。すなわち j 画目の露光に際

して参照光中に挿入される位相変調器の位相変調量 ϕ_j を例えば 0 から 2π の間の一様乱数で与え

たならば (16) 式の $Sg(m, j)$ が 1 になる総数 ($j = 1, 2 \dots N$) を N_1 とすれば N が大きい場合

合酔歩の理論より $|N_0|$ の平均値は約 $\sqrt{N_1}$ となる。従来の方法の説明と照を合せるため $N_1 = \frac{N}{2}$

とすれば As/An が 10, 32, 100 の場合の SN を 100 以上に保つために要求される多重度の限度 N はほぼ表 2 のようになる。表 2 より

As/An が 32 の場合には 40 まで多重露光することが可能となり従来方式に比べ飛躍的に多重度を増加させることが可能となる。 ϕ_j に与える値

は (16) 式の最後の項で表わされる複素平面上で ϕ_j 方向を向いた単位ベクトルのベクトル和の絶対値が小さくなるように与えられていれはよいので、0 と π がほぼ均等にある場合も $|N_0|$ を小さ

$$\left| \exp(i\phi_n) + \sum_j \frac{N}{2} Sg(m, j) \exp(i\phi_j) \right| As An \dots\dots\dots (14')$$

これは (14) 式の $-\phi_j$ を $+\phi_j$ にしただけであり、結局物体光側に位相変調器を挿入しても本発明の目的を達成することが可能である。

以下本発明を実施例により説明する。第 2 図は本発明の一実施例を示す図である。第 2 図において 1 ~ 11 までは第 1 図の従来の光学系と全く同じである。すなわち 3 ~ 6 までが行方向 7 ~ 9 までが列方向の情報を与える光学系で偏光板と $\frac{1}{4}$ 波長板からなる行方向 (列方向) の情報を与える空間変調器および $\frac{1}{4}$ 波長板から成り立っている。4 および 7 の空間変調器は電氣的に結晶軸方向を反転させることの可能なものであればよく、例えばモリブデン酸ガドリニウムや DKDP, PLZT 等から構成されている。11 はホログラム媒質である。13 の参照光中の 18 は位相変調器である。18 の位相変調器には 2 段階の位相変調を与える

モリブデン酸ガドリニウムあるいは印加電圧により多段階の位相を与えるDKDPやPLZTを用いる。

上記位相変調器はいずれも電気的に結晶状態を変化させて結晶を通過する光の位相を変調するものであるが、参照光ビーム中に挿入する透明物体をよぎるビームの光路長を変化させても目的を達成することができる。また参照光ビーム中に透明物体を挿入しその透明物体の屈折率を変化させることによつても目的を達成することができる。次に第2図を用いて本発明のホログラフイメモリ作成方法について述べる。4の行方向の情報を与える空間変調器の第1行目に電圧を印加し6の偏光板を透過する光の1行目だけを明部にする。4に電圧を加えると同時に7の列方向に情報を与える空間変調器に第1行目の情報に応じて電圧を印加し9の偏光板の透過光に1行目の情報に相当する明暗部を形成せしめる。この1行目の情報光はレンズ10を透過しホログラム媒質11に集光される。一方参照光13は位相変調器18により ϕ_1

の位相変調を受けホログラム媒質11に入射し、1行目の情報光との間の干渉縞を例えばビームスプリッターの前に配置した光シヤッタを除くことにより記録する。次に第2行目の光情報を上記方法で形成し、参照光中の位相変調器の変調量を ϕ_2 とし第2行目の光をシヤッタを除いて行う。以下同様の行まで光を重ねる。この際位相変調器としてモリブデン酸ガドリニウムの $\frac{1}{2}$ 波長板の両面に透明電極をほどこしたものをを用いる場合には、位相変調量 $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N$ のほげ半数が 0 、^他の半数が π になるように各光路時に結晶の両面に相対的に $+V$ 、 $-V$ の結晶反転の閾値以上の電圧を加える。

またモリブデン酸ガドリニウム以外の上記の空間変調器を用いる場合には電圧(DKDP, PLZT)などに多段階の値を与えることにより多段階の位相変調量を0から 2π の間にほげ均等に分布するように与える。なお本発明のホログラム作成方式は第2図に示すような行方向と列方向の情報を分離した光学系で与えるホログラフイメモリ装置に

のみ適用されるものではない。第3図に示すような電気的に結晶軸方向を反転させることの可能な $\frac{1}{4}$ 波長板を表面は行方向、裏面は列方向の電極の表面および裏面に1行ずつ情報を書き込むごとく電圧を印加し、例えば第4図に示すような光学系を用いて1行ずつホログラム媒質中に多重にホログラムを記録する空間変調器にも適用されるものである。第3図の空間変調器は結晶軸反転電圧に閾値をもつものであればどのようなものでもよい。例えばモリブデン酸ガドリニウム等を用いてもよい。第3図で4は行方向に細長い結晶で両面に透明電極が付着されているが表は隣り合うビットの向19は絶縁領域である。また表面には列方向に電極20が渡されておりビットの中心部分21は光が透過するようになつてゐる。第4図は第3図の電圧一致方式の空間変調器を用いたホログラフイメモリの主要部分である。レンズ1、2により物体光は拡大され14の偏光板により垂直方向の直線偏光となる。15は上記第3図の $\frac{1}{4}$ 波長板からなる空間変調器であり結晶軸方向は垂直方向よ

り 45° 傾いてゐる。ここを透過したビームは、各ビットの情報に対応した結晶軸方向に応じて右円偏光となる。18の $\frac{1}{2}$ 波長板に入射する^{右回りの}右回り又は左回りの円偏光は垂直方向、左回りの円偏光は水平方向の直線偏光となる。垂直方向は17の偏光板を透過するが水平方向は遮光される。17を透過した光は、レンズ10により集光され11のホログラム記録媒質に位相変調器18で位相変調された参照光との間の干渉縞として記録される。書き込方式は上記の実施例と同様に1行ずつあるいは1列ずつ情報光を形成し、参照光の位相変調量をそのたびに偏在なく均等に分布するように変化させ多重露光でホログラムを作成する。なお第4図の光学系で多重露光ホログラムを作成する場合には(14)式は、

$$I_R(m, n) = C' |Sg(m, n) \exp(-i\phi_n)|$$

$$(A_s^2 - A_s A_n) + A_n A_s$$

$$\sum_{j=1}^N \exp(-i\phi_j) |^2 \dots \dots \dots (14)$$

となる $\sum_{j=1}^N \exp(-i\phi_j)$ が0になるように偏在な

第1図は従来のホログラム作製装置を示す図。

第2図は本発明のホログラフイメモリ装置の一実施例を示す図、第4図は本発明のホログラフイメモリの一実施例であり、第3図は第4図で示されるホログラフイメモリに用いられる空間変調器

15の構成を示す概略図である。第4図は本発明のホログラフイメモリの一実施例を示す図、第2図および第4図で18と18'は位相変調器であり、18または18'のいずれか一方を用いる。

第2図において3、6、9は偏光板、4、7は行方向および列方向の情報を表わす $\frac{1}{4}$ 波長板から成る空間変調器、5、8は $\frac{1}{4}$ 波長板、11はホログラム記録媒質である。第4図において14と17は偏光板であり、15は第3図の概略図で表される $\frac{1}{4}$ 波長板からなる空間変調器で16は $\frac{1}{4}$ 波長板、11はホログラム記録媒質である。

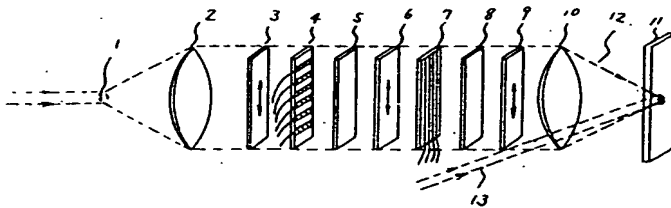
代理人 井理士 薄田利幸

く均等に分布するよう ϕ_j を選べば(m, n)ビットが0の時(暗像)雑音光を0にすることが可能である。すなわち電圧一致型の空間変調器を用いこの方法でホログラムを作れば第2図の光学系から成る方式よりもさらに再生像の信号対雑音比を増大させることができる。すなわち第2図の光学系を用いる場合には前述の説明にもあるように雑音の平均値は $A_n A_s \sqrt{N}$ となり完全に0にすることはできないのに対し、第4図の光学系ではどのビットも完全に雑音を0にすることが原理的に可能である。

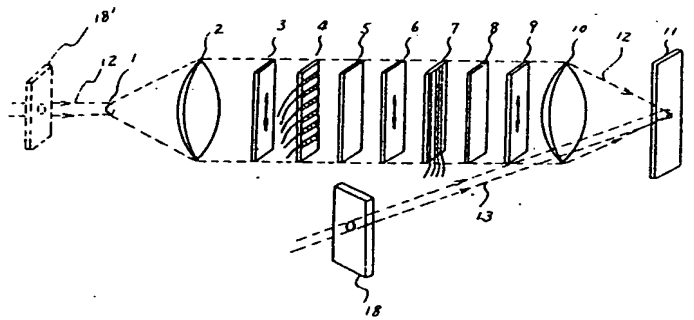
以上説明したごとく本発明によれば多重露光方式で所望像のホログラムを作成するに際し、各露光時に参照光又は物体光の位相を偏りなく均等に変調させることにより雑音の小さな像を再生するホログラムを作成することが可能となる。なお上記の実施例ではデジタルな物体を対象に述べたが本発明の効果はデジタルな像に限られないことは明らかである。

図面の簡単な説明

第1図



第2図



第4図

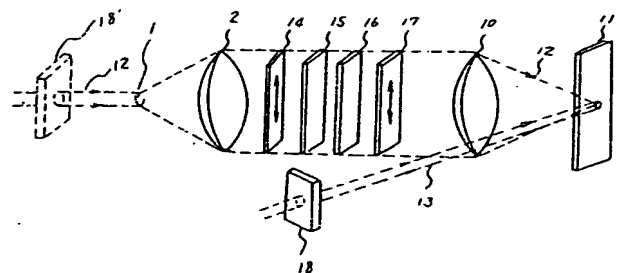


図 3

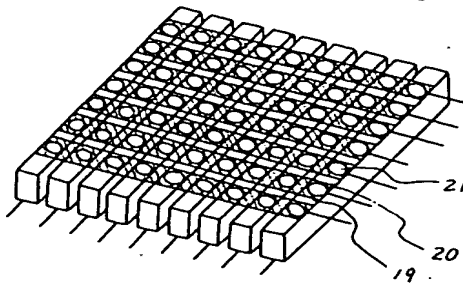


表 1 従来方式での空間変調の
振幅透過率の信号対雑音比 AS/AN
と多重度の限度 Nt の関係
(図 1 の方法)

AS/AN	10	32	100
$(AS/AN)^2$	100	1000	10000
Nt	2.2	7.0	22

表 2 本発明方式での空間変調の
振幅透過率の信号対雑音比 AS/AN
と多重度の限度 Nt の関係
(図 2 の方法)

AS/AN	10	32	100
$(AS/AN)^2$	100	1000	10000
Nt	4	40	400

添付書類の目録

- (1) 明 細 書 1 通
(2) 図 面 1 通
(3) 要 約 書 1 通 (追って補充)
(4) 特 許 出 願 書 1 通

前記以外の発明者、特許出願人または代理人

発 明 者

正 氏 名

正 氏 名

手 続 補 正 書 (自 記)

昭和 47 年 2 月 19

特 許 庁 長 官 殿

事 件 の 表 示

昭和 46 年 特 許 願 第 72786 号

発 明 の 名 称

ホログラフメモリ作成方法および装置

補 正 を す る 者

事件との関係 特 許 出 願 人

名 称 (510) 株式会社 日立 製 作 所

代 理 人

所 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号

株式会社日立製作所内 電話 東京 270-2111 (大代表)

氏 名 (7237) 弁 理 士 山 田 利 幸

補 正 の 対 象

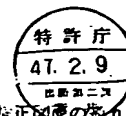
明 細 書 お よ び 図 面

補 正 の 内 容

添 付 別 紙 の 返 り

本願添付図面の第 1、2 図は添付修正図面の第 1、2 図の誤り

補正する



発明の名称 ホログラフイメモリ作成方法およびその装置

特許請求の範囲

1. ホログラム記録媒体面上に所定の角度で照射される参照光と物体光との干渉光によりホログラムを作成するに際して、物体光を複数の光束に分割し、該分割光を時間的につきつきと通過せしめる露光装置を物体光光路に配置し、かつ参照光（または物体光）に位相ずれを生ぜしめる位相変調器を参照光（または物体光）光路に配置し、分割物体光（または参照光）と上記位相変調器により位相ずれを生じた参照光（または分割物体光）とから形成された干渉光を多重的にホログラム記録媒体に記録せしめることを特徴とするホログラム作成方法。

2. 請求範囲第1項記載のホログラム作成方法において上記位相変調器による少くとも2段階以上の位相ずれを各段階に偏りなく均等に与えることを特徴とするホログラム作成方法。

明電極を具備した強誘電体の $1/4$ 波長板からなる振幅変調形空間変調器と、上記光ビーム拡大光学系の後方、該振幅変調形空間変調器の前方または後方に配置された集光系と、該集光系の後方に配置されたホログラム記録媒体と、物体光ビームと参照光ビームとを所定の角度で上記ホログラム記録媒体に照射せしめる光学的手段とから構成されたことを特徴とするホログラフイメモリ作成装置。

発明の詳細な説明

この発明はホログラフイメモリにおいて、所望の信号以外の雑音を低減させる方法および装置に関するものである。特に多重露光によりホログラムに情報を記録する場合に所望情報以外の雑音が多重露光により増大することを回避し再生像の雑音を低減させる方法および装置に関するものである。

電気的に結晶軸方向を反転することの可能な強誘電体を用いた多重露光方式の従来のホログラム装置を第1図に示す。図において1および2は入

射光と、該可干渉性光源から放出された光の光路に配置された光ビームスプリッタと、該ビームスプリッタで分割された物体光あるいは参照光のいずれか一方の光路に配置された位相変調器と、物体光光路に配置された光ビーム拡大光学系と、該光ビーム拡大光学系後方に配置された振幅変調型空間変調器と、該光ビーム拡大光学系の後方、該振幅変調型空間変調器の前方または後方に配置された集光系と該集光系の後方に配置されたホログラム記録媒体と、物体光ビームと参照光ビームとを所定の角度で上記ホログラム記録媒体に照射せしめる光学的手段とから構成されたことを特徴とするホログラフイメモリ作成装置。

4. 可干渉性光源と、該光源から放出された光の光路に配置された光ビームスプリッタと、該スプリッタで分割された物体光あるいは参照光のいずれか一方の光路に配置された位相変調器と、物体光光路に配置された光ビーム拡大光学系と、該光ビーム拡大光学系後方に配置され、かつ表面および裏面にそれぞれ行方向および列方向の線条状透

射光束を拡大するためのレンズ、3は入射光を直線偏光にするための偏光板である。4は行方向に細長い線条状透明電極を被着した部分と絶縁部分とが交互に並んでいる表面と全面に透明電極を被着した裏面とから成る $1/4$ 波長板で、表裏の透明電極に電圧を印加することにより強誘電体の任意の結晶軸方向を電気的に反転することができる。5は $1/4$ 波長板、6は偏光板である。偏光板3および6の偏光方向をそろえ、かつ $1/4$ 波長板4および5の結晶軸方向を同じにしたうえ、偏光板3および6の偏光方向と 45° の傾きをつければ、 $1/4$ 波長板4の両面に加える電圧の正負に応じて、該波長板4を透過した光は右回りあるいは左回りの円偏光になる。この偏光は $1/4$ 波長板を透過することにより垂直方向又は水平方向の偏光となり、偏光板6を透過した光には行方向のスリット状に明暗の部分が形成される。7は $1/4$ 波長板4と同じ構造をもちその線状電極の方向が、 $1/4$ 波長板4のそれと 90° の角度をなして配置される。 $1/4$ 波長板8は $1/4$ 波長板、9は偏光板である。偏光板9は偏光板3

および偏光板6と同じ偏光方向に配置され、 $\frac{1}{4}$ 波長板7および8、偏光板9を透過した光には列方向は線状電極を有する $\frac{1}{4}$ 波長板7の電極に与える電圧の正負に応じて列方向のスリット状の明暗部が形成され、偏光板3および8、 $\frac{1}{4}$ 波長板4と5とによつて形成された前記の行方向の情報と組合せれば、2次元的に分布されたピント情報を透過光の明暗によつて形成することができる。ホログラムに二次元的な情報を記録するには行方向の端の1行すなわち1行目を明部にし、他のすべての行は暗部になるように $\frac{1}{4}$ 波長板4に電圧を加え、1行目の情報に応じて $\frac{1}{4}$ 波長板7に電圧を加え9の偏光板を透過した光に列方向に明暗のある1行目の光情報を形成させる。この光情報をレンズ10により物体光12を図示のごとく集束させ、ホログラム記録媒体11上に照射させる。

他方所望の角度で入射させた参照光を上記物体光12とホログラム記録媒体11上で干渉させそれを記録させる。次に第2行目のみを明部にし第2行目の情報を第1行目と同様方法によつて記録

媒体11上に記録する。このように順次多重に露光し最後の行、N行目まで露光を行ない情報記録を終了する。第1図の偏光板6を透過した光の明部と暗部の光の振幅を A_s および A_n とする。光学系が完全な場合には A_n は原理的に0にすることが可能である。しかし現実には A_n は A_s の $\frac{1}{100}$ 程度が限界である。従つて着目している行の情報を記録している時にも暗部となつていべきこれ以外の行(N-1行ある)から光が漏れ、漏れた光がホログラム記録媒体に記録されてしまう。この漏れによる影響は多重度を増すほどすなわち $\frac{1}{4}$ 波長板4の行数を多くするほど顕著に現われ再生像の信号対雑音比がきわめて小さくなり露光の多重度を上げることにはついに不可能となる。

本発明の目的は上述の欠点を解消し多重露光を行つても再生像に雑音の少ないホログラムを作製するための方法および装置を提供することにある。

上記の目的を達成するために参照光の光路に光の位相を変調する装置を挿入し、多重露光の各露光時に相対的に位相の差を与える。このようにし

て実効的に雑音となる暗部の光に対して暗部の光の位相をずらせると、後述の理由により再生光の雑音を大幅に低減させることが可能となる。以下雑音を低減させる位相変調方法について述べ、実際に雑音の低減が可能であることを示す。

いま空間変調器22上に(x, y)直交座標、ホログラム乾板上に(ξ , η)直交座標をとる。第1図において、j回目の露光の際に3乃至9の空間変調器22を透過した光の振幅を $T_j(x, y)$ とすると、

$$T_j(x, y) = \sum_m \sum_n T_o(x - ma, y - na) S_{mj} S_{nj} \quad (1)$$

となることに

$$T_o(x, y) = \begin{cases} 1 & x^2 + y^2 \leq r^2 \\ 0 & x^2 + y^2 > r^2 \end{cases}$$

a : ピントの間隔

r : 円形ピントの半径

S_{mj} : 列方向m列目の信号

S_{nj} : 行方向n行目の信号

いまj回目の露光の際にj列目が明部になるような駆動を行なうと、

$$S_{nj} = \delta_{j, n} A_s + (1 - \delta_{j, n}) A_n \quad (2)$$

$$S_{mj} = S_g(m, j) A_s + (1 - S_g(m, j)) A_n \quad (3)$$

ここに

A_s, A_n : 明部および暗部の振幅透過率

$S_g(m, n)$: ホログラムに記録しようとするm列、n行目の入力情報

$g_j(\xi, \eta)$: j回目の露光の際に空間変調器を透過した光のホログラム(ξ, η)上における複素振幅

$$\delta_{j, n} = \begin{cases} 1 & j = n \\ 0 & j \neq n \end{cases} \quad (4)$$

空間変調器22がレンズ2の直前にある場合には、

$$g_j(\xi, \eta) = C_o / T_j(x, y) \exp$$

$$\frac{i 2 \pi (x \xi + y \eta)}{f \lambda} dx dy \quad (5)$$

となる。ここに

f : レンズの焦点距離

λ : 光の波長

C_0 : 定数

他方参照光中に挿入された位相変調器により位相変調された参照光の j 回目の露光の際のホログラム面 (ξ, η) 上における振幅は、

$$R_j(\xi, \eta) = C \exp\left(\frac{i 2 \pi \xi \sin \theta}{\lambda} + i \phi_j\right) \quad (6)$$

ここに

C : 定数

θ : 参照光の入射角度

ϕ_j : 参照光の位相変調量

となる。上記の二つの光がホログラム記録媒体面上で干渉する結果、 j 回目の露光の際のホログラム面 (ξ, η) 上での強度分布 $I_j(\xi, \eta)$ は次式で与えられる。

$$u(x', y') = A \left| \sum_j^N I_j \exp\left(\frac{i 2 \pi \xi \sin \theta}{\lambda}\right) \right|$$

$$\exp\left(\frac{-i 2 \pi (x' \xi + y' \eta)}{f \lambda}\right) d\xi d\eta \quad (7)$$

ここに A は定数である。したがって式 (5), (6),

(11) より

$$u(x', y') = C' \left| \sum_j^N T_j(x', y') \exp(-i \phi_j) \right|^2$$

ここに C' は定数である。式 (1), (2), (3), より

$$u(x', y') \cong C' \left| \sum_{n,m} T_0(x' - ma, y' - na) \right|$$

$$\{ S_g(m, n) A_s^2 + \{ 1 - 2 S_g(m, n) \}$$

$$+ \sum_j S_g(m, j) \} A_s A_n \} \exp$$

$$(-i \phi_j) \quad (13)$$

$$I_j(\xi, \eta) = |g_j(\xi, \eta) + R_j(\xi, \eta)|^2$$

(7)

N 回の多重露光によりホログラム乾板上に記録される情報は黒化度の变化の分布であれ、位相を変調するような屈折率や表面の凹凸の变化の分布であれ I_j の和 I の関数である。

$$I = \sum_j^N I_j(\xi, \eta) \quad (8)$$

I を再生像の 0 次および ± 1 次の回折光に寄与する項に分離すると、

$$I = I_0 + I_1 + I_{-1} \quad (9)$$

$$I_0 = \sum_j^N (|g_j(\xi, \eta)|^2 + |R_j(\xi, \eta)|^2) \quad (10)$$

$$I_1 = \sum_j^N g_j(\xi, \eta) R_j^*(\xi, \eta) \quad (11)$$

$$I_{-1} = \sum_j^N g_j^*(\xi, \eta) R_j(\xi, \eta) \quad (12)$$

ここに $*$ は複素共役を表わす符号

ホログラムの再生像強度に影響する項は I_1 であ

(13)

ただし、この場合 $A_n \ll A_s$ であるから $A_s^2 n$ の項は A_s^2 に比べきわめて小さいとして無視できる。式 (13) より m 行目 n 列目のビット (m, n) ビットの再生光の強度 $I_R(m, n)$ は次式で与えられる。

$$I_R(m, n) = C' | \{ S_g(m, n) \exp(-i \phi_n) \}$$

$$A_s^2 + \{ (1 - 2 S_g(m, n)) \}$$

$$\times \exp(-i \phi_n) + \sum_j S_g(m, j) \exp(-i \phi_j) \} A_s A_n |^2 \quad (14)$$

上式で、ホログラム記録媒体の m 列 n 行目の入力情報が明のときと暗のときとの比すなわち $S_g(m, n)$ が 1 の時と 0 のときの $I_R(m, n)$ の大きさの比 S_N (信号対雑音比) の値は

$$S_N = \frac{\left| \frac{A_s}{A_n} \exp(-i \phi_n) + N_0 \right|^2}{|N_0|^2} \quad (15)$$

となる。ここで N_0 は次式で与えられる複素数で

表 1 従来の方式での空間変調器

の振幅透過率の信号対雑音

比 A_s/A_n と多重度の限度 N_1 の関係

(第1図の方法)

A_s/A_n	10	32	100
$(A_s/A_n)^2$	100	1000	10000
N_1	2.2	7.0	22

第1表で例えば A_s/A_n が32の場合には7重以上減光しえないことが示されている。本発明は ϕ_j に0から 2π までの間の少くとも2段階以上の値を、各段階に値がなく均等に与えることにより N_0 を複数値にし(15)式の分母の $|N_0|^2$ を小さくし S_N を大きくする手段を提供する。すなわち j 回目の減光に添って参照光中に挿入される位相変調器の位相変調量 ϕ_j を例えば0から 2π の間の一様乱数で値がなく均等にすなわち例えば $0, \pi, \pi/4, \pi/2, 2\pi, \frac{3}{4}\pi, \frac{7}{4}\pi \dots$ というように与えたならば(16)式の $S_g(m, j)$ が

ある。

$$N_0 = (1 - 2S_g(m, n)) \exp(-i\phi_n) + \sum_j^N S_g(m, j) \exp(-i\phi_j) \dots \dots (16)$$

従来の多重露光方式では、物体光と参照光との位相変調量は0すなわち $\phi_j=0$ であり、(15)式は $S_g(m, j)$ の約半分が1(明)であるとする $N_0 = N/2$ となるから

$$S_N \equiv \left(\frac{A_s}{A_n} + \frac{N}{2} \right)^2 \left(\frac{N}{2} \right)^2$$

となるしたがって A_s/A_n が10, 32, 100のときの S_N を100以上に保つために要求される多重度の限度 N_1 の値を示すと第1表のようになる。

1になる総数($j=1, 2 \dots N$)を N_1 とすれば N が大きい場合酔歩の理論より(14)式の雑音 $C' A_n A_s |N_0|$ の平均値は約 $C' A_n A_s \sqrt{N_1}$ に近づく。従来の方法の説明と話を合せるため $N_1 = \frac{N}{2}$ とすれば A_s/A_n が10, 32, 100の場合の S_N を100以上に保つために要求される多重度の限度 N_1 はほぼ第2表のようになる。

表2 本発明の方式での空間変調器
の振幅透過率の信号対雑音比
 A_s/A_n と多重度の限度 N_1
の関係

(第2図の方法)

A_s/A_n	10	32	100
$(A_s/A_n)^2$	100	1000	10000
N_1	4	40	400

第2表より A_s/A_n が32の場合には40まで多重露光することが可能となり従来方式に比べ飛躍的に多重度を増加させることができる。 ϕ_j に

与える値は(16)式の第2項で表わされる複素平面上で ϕ_j 方向を向いた単位ベクトルのベクトル和の絶対値が小さくなるように与えられていれば(15)式で表わされる信号対雑音比 S_N を大きくすることができる。したがって ϕ_j の値として0と π をほぼ均等に与えることによつても $|N_0|$ を小さくするという目的を達成する。また位相変調器を参照光ビーム中に挿入せずビームスプリッタで分離した二つのビームのうち物体光とするビーム中に挿入しても本発明の目的を達成することができる。この場合には(5)式で表わされるホログラム面上の物体光の振幅 $g_j(\xi, \eta)$ は次式のようになる。

$$g_j(\xi, \eta) = C_0 \exp(i\phi_j)$$

$$\times / T i(x, y) \exp \frac{i 2 \pi (x \xi + y \eta)}{f \lambda} d x d y$$

..... (5')

ここで ϕ_j は物体光ビーム中に挿入された位相変調器の位相変調量である。参照光は位相変調され

ないので、

$$R(\xi, \eta) = C_r \exp\left(\frac{i 2\pi \xi \sin \theta}{\lambda}\right) \dots\dots (6)'$$

となる。したがって (m, n) ピットの再生光の強度は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} I R(m, n) = & C' \left| \left[S_g(m, n) \exp \right. \right. \\ & \left. \left. (i\phi_n) A_s + \{(1-2S_g(m, n)) \right. \right. \\ & \left. \left. \times \exp(i\phi_n) + \sum_j S_g(m, j) \exp \right. \right. \\ & \left. \left. (i\phi_j)\} A_i A_n \right|^2 \dots\dots\dots (14)' \end{aligned}$$

これは (14) 式の $-\phi_j$ を $+\phi_j$ にしただけであり、結局物体光側に位相変調器を挿入しても本発明の目的を達成することが可能である。

以下本発明を実施例により説明する。第2図は本発明の一実施例を示す図である。第2図において1乃至11の素子からなる光学系は第1図に示した従来の光学系と全く同じである。すなわち3乃至6が行方向7乃至9が列方向の情報を与える

きる。次に第2図を用いて本発明のホログラフイメーモリ作成方法を説明する。行方向の情報を与える空間変調器4の第1行目に所定の電圧を印加し、1行目を通る光のみが偏光板6を通過するようにする。すなわち偏光板6を透過する光の1行目だけを明部にする。空間変調器4に電圧を加えると同時に空間変調器7の列方向のN個の縦条状電極のなかのいくつかの電極にこの第1行目の情報に応じて電圧を同時に印加し偏光板9の透過光にこの1行目の情報に相当する明暗部を形成せしめる。空間変調器4を通過して、空間変調器7に入射した光は行方向の光であるから、この変調器7を透過する光は行方向と列方向の縦条状電極の投射影が交叉する小面積のものとなる。ついで空間変調器7の第2行、第3行……第N行に対して電圧を印加すれば、つぎつぎに空間変調器7を光が通過する。このようにしてえられた第1行目の情報光はレンズ10を透過し、ホログラム媒体11に集光される。一方参照光13は位相変調器18により ϕ_1 の位相変調を受け後ホログラム媒体11に入

光学系で偏光板と $\frac{1}{4}$ 波長板からなる行方向あるいは (列方向) の情報を与える空間変調器および $\frac{1}{4}$ 波長板から成り立っている。4および7の $\frac{1}{4}$ 波長板は電気的に結晶軸方向を反転させることの可能なものであればよく、例えばモリブデン酸ガドリニウムやDKDP, PLZT等から構成されている。11はホログラム記録媒体である。18は参照光13の位相を変調するための位相変調器で、参照光13の光路に設けられる。位相変調器18には2段階の位相変調を与えるモリブデン酸ガドリニウムあるいは印加電圧により多段階の位相変調を与えるDKDPやPLZTを用いる。

上記位相変調器はいずれも電気的に結晶状態を変化させて結晶を通過する光の位相を変調するものであるが、参照光ビーム中に透明物体を挿入して該透明物体をよぎるビームの光路長を変化させて記録媒体11に到達した参照光の位相を変えても目的を達成することができる。また参照光の光路に透明物体を挿入しその透明物体の屈折率を変化させることによつても目的を達成することがで

けり、1行目の情報光との間の干渉縞を例えばビームスプリッタの前に配置した光シャッタ(図示せず)を開くことにより記録する。次に第2行目の光情報を上記方法で形成し、参照光中の位相変調器の変調量を ϕ_2 とし第2回目の露光をシャッタを開いて行なう。以下最後の行まで露光を重ねる。この際位相変調器としてモリブデン酸ガドリニウムの $\frac{1}{2}$ 波長板の両面に透明電極をほどとしたものを用いる場合には、位相変調量 $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N$ の既知半数が0、他の半数が π になるように各露光時に結晶の両面に相対的に $+V_f$ または $-V_f$ の結晶反転の閾値以上の電圧を加える。

また、位相変調器としてDKDP(KD₂PO₄, リン酸2重水素カリウム)やPLZT(Pb_{0.95}La_{0.05}(Zr_{0.65}Ti_{0.35})O₃)を用いることもできる。この場合には電圧に多段階の値を与えることにより、0から 2π の間に段階均等に分布する多段階の位相変調量を与える。さらにまた、気体の圧力による屈折率の変化や透明物体中を通過する光の光路長の変化(例えば、両面にわずかの傾きのあ

るガラス板を移動させて光路長を変える)を利用して機械的に前記のような多段階の位相変調を行なつてもよい。

なお本発明のホログラム作成方式は第2図に示すような行方向と列方向の情報を別々に独立して与える分離した二つの光学系を具備したホログラフイメモリ装置に限つてのみ適用されるものではない。第3図に示すような電気的に結晶軸方向を反転させることの可能な $\frac{1}{4}$ 波長板に表面は行方向、裏面は列方向の線条状電極を設け、これらの表面および裏面の電極に1行ずつ情報を書き込むごとく電圧を印加し、例えば第4図に示すような光学系を用いて1行ずつホログラム媒体中に多重にホログラムを録する空間変調器にも適用されるものである。第3図の空間変調器は結晶軸反転電圧に閾値をもつものであればどのようなものでもよい。例えばモリブデン酸ガドリニウム等を用いてもよい。第3図で23は行方向に細長い結晶で両面に透明電極が付着されているが表は隣り合うピットの間19は絶縁領域である。また裏面には列方向

に電極24が設けられておりピットの中心部分21は光が透過するようになっている。第4図は第3図の電圧一致方式(表裏の電極に同時に電圧が印加されると光が通過あるいは遮断される)の空間変調器を用いたホログラフイメモリの主要部分である。レンズ1, 2により物体光は拡大され14の偏光板により垂直方向の直線偏光となる。15は上記第3図の $\frac{1}{4}$ 波長板からなる空間変調器であり結晶軸方向は垂直方向より45°傾いている。ここを通過したビームは各ピットの情報に対応した結晶軸方向に応じて右回り又は左回りの円偏光となる。 $\frac{1}{4}$ 波長板16に入射する右回りの円偏光は垂直方向、左回りの円偏光は水平方向の直線偏光となる。垂直方向は偏光板17を透過するが水平方向は遮光される。偏光板17を透過した光はレンズ10により集光されホログラム記録媒体11に位相変調器18で位相変調された参照光との間の干渉縞として記録される。書き込み方式は上記の実施例と同様に1行ずつあるいは1列ずつ情報光を形成し、参照光の位相変調量をそのたびに偏

在なく均等に分布するよう変化させ多重露光でホログラムを作成する。なお第4図の光学系で多重露光ホログラムを作成する場合に(14)式は、

$$I_H(m, n) = C' | S_g(m, n) \exp(-i\phi_n) \\ (A_s^2 - A_s A_n) + A_n A_s \\ \sum_{j=1}^N \exp(-i\phi_j) |^2 \dots \dots \dots (14)'$$

となる。 $\sum_{j=1}^N \exp(-i\phi_j)$ が0になるように偏在なく均等に分布するよう ϕ_j を選べば(m, n)ピットが0の時(暗像)雑音光を0にすることが可能である。すなわち第2図の光学系を用いる場合には前述の説明にもあるように $S_g(m, j)$ が1になる総数を N_1 とすると雑音の平均値は $C' A_n A_s / N$ となり完全に0にすることはできなかったが、第4図の光学系ではどのピットも完全に雑音を0にすることが可能である。したがって、電圧一致型の空間変調器を用いてこの方法でホログラムを作れば第2図の光学系から成る方式よりもさらに再生像の信号対雑音比を増大させることができ

る。

なお上記の実施例ではデジタルな物体を対象に述べたが本発明の効果はデジタル像に限らず、アナログ像(アナログ情報)に対しても発揮されることは明らかである。

以上説明したごとく本発明によれば多重露光方式で所望像のホログラムを作成するに際し、各露光時に参照光または物体光の位相を偏りなく均等に位相変調させることにより雑音の小さな像を再生するホログラムを作成することが可能となり、ホログラムの性能向上に顕著な効果がある。

図面の簡単な説明

第1図は従来のホログラム作製装置の説明図、第2図は本発明のホログラフイメモリ装置の一実施例図、第4図は本発明のホログラフイメモリの他の一実施例図、第3図は第4図で示されるホログラフイメモリに用いられる空間変調器の構成を示す概略図である。3, 6, 9, 14および17…偏光板、4…行方向に線条状透明電極を設けた $\frac{1}{4}$ 波長板、7…列方向に線条状透明電極を設けた

図 1

$\frac{1}{4}$ 波長板、5、8、および16... $\frac{1}{4}$ 波長板、11
...ホログラム記録媒体、12...物体光、13...参
照光、18および18'...位相変調器、20...列
方向透明電極、22...空間変調器、23...細長い
変調電極結晶。

代理人 弁理士 海田利幸

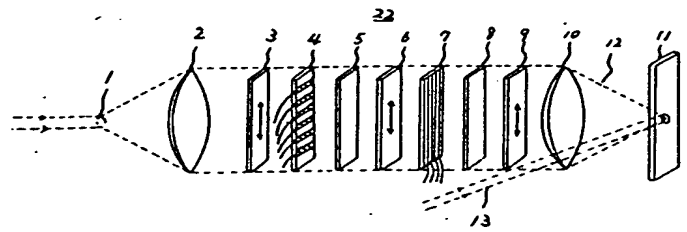


図 2

22

